



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 220**

51 Int. Cl.:  
**F03D 1/06** (2006.01)  
**F03D 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08749944 .8**  
96 Fecha de presentación : **30.04.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2153059**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.02.2010**

54 Título: **Una pala de turbina eólica.**

30 Prioridad: **30.04.2007 PCT/EP2007/054223**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.08.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.08.2011**

73 Titular/es: **VESTAS WIND SYSTEMS A/S**  
**Alsvej 21**  
**8940 Randers SV, DK**

72 Inventor/es: **Hancock, Mark**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 364 220 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Una pala de turbina eólica

### 5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que comprende una o más secciones de superficie aerodinámica modificables que están sujetas al cuerpo de pala, estando adaptadas las secciones de superficie aerodinámica para modificar la forma de la superficie aerodinámica de un borde de salida de la pala. Por otra parte, la presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende al menos una de la pala de turbina eólica.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las palas de turbinas eólicas que están adaptadas para cambiar la forma durante el uso son conocidas en la técnica. Uno de tales ejemplos se desvela en el documento WO2004/088130 que desvela una pala de turbina eólica que comprende una o más secciones de superficie aerodinámica de forma modificable en las que la superficie exterior de cada una de las superficies aerodinámicas de forma modificable es sustancialmente continua en toda su forma y un medio de accionamiento para proporcionar los cambios de forma en las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable.

Sin embargo, los sistemas conocidos pueden presentar escasa estabilidad mecánica. Por otra parte, los sistemas conocidos están hechos generalmente de materiales caros.

El documento de la técnica anterior FR-A-2290585 desvela una pala que comprende las características del preámbulo de la reivindicación 1. En vista de la pala desvelada en el documento FR-A-2290585, la presente invención trata de reducir las variaciones de carga sobre la pala debidas a la turbulencia, cizalladura del viento, sombra de la torre, y/o ráfagas.

Un objeto de una realización preferida de la presente invención es proporcionar una alternativa a los sistemas conocidos para cambiar el perfil de una pala de turbina eólica. Por otra parte, un objeto de una realización preferida de la presente invención es proporcionar una solución sencilla y fiable para cambiar el perfil de una pala de turbina eólica. Además, un objeto de una realización preferida de la presente invención es proporcionar un sistema económico para cambiar el perfil de una pala de turbina eólica.

### BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a una pala de turbina eólica según la reivindicación 1.

Gracias a la provisión de secciones de superficie aerodinámica de forma modificable, las realizaciones preferidas de las invenciones reducen las variaciones de carga sobre la pala. Tales variaciones de carga pueden provenir, por ejemplo, de la turbulencia, la cizalladura del viento, la sombra de la torre, ráfagas y errores de guiñada. Las realizaciones de la invención proporcionan una reducción general de la masa de la turbina, incluyendo la masa de las palas, la torre, el cubo y la cimentación, o permiten un mayor tamaño de rotor, es decir, mayor producción de energía, al mismo nivel de carga en relación con un menor rotor sin secciones de borde de salida de forma modificable.

En comparación con las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable de la técnica anterior, las realizaciones de la pala según la presente invención son beneficiosas con respecto a estabilidad mecánica y costes. Las partes no móviles de la pala, incluyendo el cuerpo de pala y/o el primer revestimiento, pueden estar hechas de cualquier material usado en la producción de palas de turbinas eólicas, y se dispone de una diversidad de materiales para el segundo revestimiento. Ejemplos de materiales para el segundo revestimiento, que pueden ser suficientemente flexibles y sin embargo suficientemente rígidos para resistir las cargas aerodinámicas incluyen plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP), Kevlar, carbono, caucho, madera, fibra de carbono, epoxi, y aluminio. Por ejemplo, en una pala de 1 m de cuerda el borde de salida móvil podría ser 0,3 m a lo largo de la cuerda y de 3 mm de grosor de GRP. La presión diferencial a través del borde de salida podría ser 3 kN/m<sup>2</sup> ejerciendo una fuerza a lo largo de la cuerda de aproximadamente 0,9 kN por m de longitud y un BM de 0,135 kNm por m de longitud. Esto puede equilibrarse por una fuerza de 1,5 kN por m de longitud con un brazo de palanca típico de 90 mm en la articulación deslizante. Esto puede equilibrarse en una realización con accionamiento por vacío mediante un diferencial de presión de vacío de más de 90 mm de 33 kN/m<sup>2</sup> o 1/3 rd bar. El movimiento de la articulación deslizante para obtener una fuerte curvatura y un importante aumento de sustentación es del orden de 10 mm.

En el presente contexto, debería entenderse que el término “deslizamiento” engloba cualquier movimiento lineal o de rotación entre el segundo revestimiento y el cuerpo de pala.

En el presente contexto, debería entenderse que el término “turbina eólica” incluye cualquier máquina capaz de extraer energía del aire en movimiento y convertir tal energía en energía mecánica y/o eléctrica.

La capacidad del segundo revestimiento para deslizarse con respecto al cuerpo de pala confiere el beneficio de que puede asegurarse la continuidad del perfil desde el borde de ataque hasta el borde de salida en las realizaciones preferidas de la invención.

10

Preferentemente, la longitud a lo largo de la cuerda y el espesor de la sección de borde de salida deformable no cambian cuando se deforma la sección.

El revestimiento de succión está fijado a o es integral con el cuerpo de pala, mientras que el revestimiento de presión es móvil (deslizante) con respecto al cuerpo de pala.

15

La pala de la turbina eólica comprende preferentemente un controlador capaz de controlar la forma de la al menos una sección de superficie aerodinámica de forma modificable, por ejemplo, mediante un accionador, para adaptar la forma de la(s) sección(es) de superficie aerodinámica de forma modificable a las condiciones externas. Tales condiciones pueden incluir, por ejemplo, la velocidad del viento, la dirección del viento, las rpm del ala, la carga del generador, la deflexión de las palas, la tasa de deflexión de la pala, la aceleración de la pala, el ángulo de entrada de flujo, la distribución seccional de la presión, y/o el momento flector de la raíz de la pala. El control del accionador preferentemente asegura la continuidad del perfil desde el borde de ataque hasta el borde de salida en cualquier posición a lo largo de la superficie de la pala.

20

Las partes del borde de salida pueden estar sujetas de manera desmontable al cuerpo de pala, por ejemplo, por medio de un perno y una tuerca, permitiendo así que las secciones de superficie aerodinámica sean sustituidas o revisadas. En una realización, el primer revestimiento, es decir, no móvil, está formado íntegramente con el cuerpo de pala, formando así el primer revestimiento una extensión del cuerpo de pala. La pala o las secciones de superficie aerodinámica pueden comprender un material ligero como plástico reforzado con fibra de vidrio o Kevlar, carbono, caucho o madera. El cuerpo de pala puede estar hecho, por ejemplo, de los materiales anteriormente mencionados y/o de fibra de carbono, epoxi, aluminio, y/o de elementos pultrusionados, como se describe en la patente europea N° 1417409B1.

25

El revestimiento de presión puede ser móvil de manera deslizante transversalmente a una dirección longitudinal de la pala. En una realización, al menos una parte del segundo revestimiento está adaptada para superponerse a al menos una parte del cuerpo de pala durante dicho movimiento deslizante. Para reducir la turbulencia en el área de superposición, el cuerpo de pala puede definir en dicha área de superposición un hueco para recibir la parte superpuesta de la superficie aerodinámica de manera que durante el movimiento relativo entre la superficie aerodinámica y el cuerpo de pala la parte superpuesta del revestimiento de presión puede meterse en o sacarse del hueco.

30

La pala puede comprender al menos una cámara de forma modificable definida por al menos una pared, que forma parte de o está conectada a uno de dichos revestimientos, de manera que el segundo revestimiento se mueve cuando se aplica la fuerza a la pared de la cámara. Por ejemplo, para generar el movimiento relativo entre la superficie aerodinámica y el cuerpo de pala, cada una de las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable puede comprender una cámara de presión que, cuando se presuriza o despresuriza, proporciona dicha fuerza. En el contexto de la presente invención, el término “presurizado” y “despresurizado” se entenderá como aumentos o disminuciones, respectivamente, de la presión en la cámara de presión. En una realización, el segundo revestimiento forma una pared de la cámara de presión. Por lo tanto, la presurización o despresurización de la cámara de presión hace que la pared (es decir, el segundo revestimiento) se mueva en relación con el cuerpo de pala.

35

40

El interior de la pala o parte de la misma puede utilizarse convenientemente como depósito de vacío y/o depósito de aire comprimido. El depósito, por ejemplo, puede extenderse longitudinalmente dentro de la pala. Alternativamente o además, puede estar provisto un sistema de bomba en el interior de la pala, o pueden estar provistos conectores apropiados para conectar la cámara o la cámara de presión a una fuente de presión/vacío externa dispuesta, por ejemplo, en una góndola de una turbina eólica. En una realización, la pala comprende un larguero, que puede usarse como soporte para el depósito o fuente de vacío/presión. Por ejemplo, el propio larguero o una parte del mismo puede constituir en sí mismo el depósito de vacío o presión.

45

50

Sistemas accionadores alternativos para modificar la forma de las secciones de superficie aerodinámica del borde de

salida pueden incluir un accionador eléctrico, un accionador hidráulico, un sistema de distribución por corredera, y/o los denominados "materiales inteligentes", incluyendo materiales piezoeléctricos, materiales magnetostrictivos y electrostrictivos, es decir, materiales con una capacidad de cambiar la viscosidad, por ejemplo, de estado líquido a casi sólido, materiales con memoria de forma (SMA), materiales termosensibles y/o polímeros conductores.

5

La forma de la superficie aerodinámica puede definir un estado relajado y un estado no relajado accionado. En una realización, la presurización de la cámara de presión hace que la forma de la superficie aerodinámica se mueva del estado relajado al estado accionado. En otra realización la despresurización de la cámara de presión hace que la forma de la superficie aerodinámica se mueva del estado relajado al estado accionado. Una presión aplicada puede afectar a la

10

sección de superficie aerodinámica en una dirección descendente, y la succión puede afectar a la sección de superficie aerodinámica en una dirección ascendente.

En una realización, la forma de la superficie aerodinámica está provista en el estado relajado cuando la presión en la cámara de presión es sustancialmente igual a la presión del aire ambiente, es decir, la presión del aire en la ubicación

15

geográfica de la pala/turbina eólica. En otra realización, la forma de la superficie aerodinámica está provista en el estado accionado cuando la presión en la cámara de presión es sustancialmente igual a la presión del aire ambiente.

En una realización, una disminución en la presión de aire en la cámara de presión hace que la cámara de presión se contraiga, mientras que el aumento en la presión de aire hace que la cámara de presión se expanda. La expansión o

20

contracción de la cámara de presión hace que dicho segundo revestimiento del revestimiento superior e inferior se mueva en relación con el cuerpo de pala. En una realización, la expansión de la cámara de presión hace que dicho segundo revestimiento del revestimiento superior e inferior se aleje del cuerpo de pala y viceversa.

Para generar el aumento y disminución en la cámara de presión la pala puede comprender uno o más accionadores, cada uno de los cuales puede estar adaptado para cambiar la presión en la cámara de presión de al menos una de las

25

secciones de superficie aerodinámica. Los accionadores pueden estar provistos más cerca de una porción de cubo que a una porción de punta de la pala.

Al menos el 10%, es decir, del 10 al 100% de la longitud del borde de salida, cuando se mide desde una porción de

30

punta hasta una porción de cubo de la pala, puede ser de forma modificable por medio de una sección de superficie aerodinámica, como aproximadamente del 10 al 50%, como del 10 al 40%, como aproximadamente del 15 al 35%, como aproximadamente del 20 al 30%. La sección o secciones deformables están colocadas óptimamente a lo largo de la envergadura de la pala de tal manera que maximicen la reducción de carga. La colocación exacta puede determinarse, por ejemplo, por ensayo de prueba y error y/o por simulación numérica. La porción de forma modificable del borde de

35

salida está situada más cerca de una porción de punta de la pala que de una porción de cubo de la misma. Como ejemplo, la porción de forma modificable puede estar provista en la porción de punta de la pala, es decir, la distancia desde la sección de superficie aerodinámica hasta la punta puede constituir menos del 10% de la longitud total de la pala, como menos del 5%, como menos del 2% de la longitud de la pala. Se ha descubierto que la sección o secciones deformables, también denominadas flaps de borde de salida, son más eficientes cerca de la punta de la pala. En

40

realizaciones preferidas de la invención, los flaps de borde de salida están colocados cerca de la punta de la pala de tal manera que se maximiza el alivio de carga. Los flaps de borde de salida no tienen que ser contiguos (es decir, de una pieza). Pueden estar hechos de varias piezas con o sin intersticios mutuos.

En las transiciones entre las secciones de borde de salida de forma modificable y las secciones de borde de salida de

45

forma no modificable, la pala puede comprender preferentemente una sección de transición hecha de material de forma modificable, por ejemplo, un material elastomérico, para asegurar una transición continua y/o sin ruptura entre las secciones de borde de salida modificables y no modificables.

Al menos el 5% de la pala en la dirección desde el borde de salida hacia el borde de ataque, cuando se mide en una

50

dirección de la cuerda de la pala, puede ser de forma modificable, como al menos el 10%, al menos el 20%, al menos el 30%, como al menos el 40%, como al menos el 50%. En una realización, del 5 al 30% de la pala en la dirección desde el borde de salida hacia el borde de ataque, cuando se mide en una dirección de la cuerda de la pala, es de forma modificable.

Las realizaciones de la presente invención también incluyen secciones de superficie aerodinámica de forma modificable en la sección interior de la pala, es decir, dentro del 50% de la longitud de la pala desde la raíz de la pala. Las secciones interiores de forma modificable de las palas pueden limitar el empuje, mejorar la eficiencia aerodinámica, y pueden usarse para control de velocidad del rotor.

55

- Los revestimientos pueden ser suficientemente flexibles para curvarse para permitir que la forma de la superficie aerodinámica de la pala cambie cuando la superficie aerodinámica se mueve del estado relajado al accionado. Al mismo tiempo, los dichos revestimientos pueden ser suficientemente rígidos para resistir las cargas aerodinámicas, de manera que la(s) superficie(s) aerodinámica(s) puede(n) compensarse para obtener más energía del viento que actúa sobre la pala. La flexibilidad de los revestimientos puede graduarse (puede variar) en la dirección de la cuerda de la pala para obtener la forma de superficie aerodinámica deseada en tanto que conservando suficiente rigidez para resistir las diferencias de presión aerodinámica locales.
- El accionador para proporcionar la fuerza de accionamiento para modificar las secciones de superficie aerodinámica puede estar provisto dentro de la pala o fuera de la pala. En la segunda realización, está provisto preferentemente un sistema de distribución de fuerza para distribuir la fuerza a las palas individuales de la turbina eólica. En caso de un accionador de presurización o despresurización, como una fuente de vacío, o en caso de un accionador hidráulico, pueden estar provistos uno o más acumuladores, de manera que se disponga de una asistencia, cuando se necesite un cambio de forma.
- La sección o secciones de superficie aerodinámica de forma modificable pueden estar provistas continuamente por toda la longitud de la pala o continuamente por una porción de la misma. Alternativamente, pueden estar provistas secciones de forma modificable espaciadas (o "flaps") con intersticios de secciones no modificables provistos entre ellas. Preferentemente, las transiciones de secciones de forma modificable y no modificable deberían ser continuas y cerradas.
- Las secciones separadas pueden ser controlables individualmente o controlables en común, es decir, teniendo todas una forma y/o un ángulo de deflexión igual y/o proporcional. Pueden estar provistos accionadores separados para cada una de las secciones, o puede estar provisto un accionador común y un sistema de distribución de fuerza.
- En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una turbina eólica que comprende al menos una pala según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, como dos palas, como tres palas, como cuatro palas, como cinco palas. La turbina eólica puede comprender un accionador para proporcionar la fuerza mencionada bajo el primer aspecto de la invención. La fuerza puede generarse para una o más de las palas de la turbina eólica. En una realización el accionador está adaptado para generar una fuente de vacío o una fuente presurizada. En una realización la turbina eólica comprende una pluralidad de las palas según el primer aspecto de la invención y una fuente de vacío que está conectada a la cámara de presión de al menos dos de las palas.
- Debería entenderse que la provisión de presión como una fuente para una fuerza de accionamiento para modificar la forma de una sección de superficie aerodinámica de una pala de turbina eólica constituye un aspecto independiente de la presente invención. Por lo tanto, en un tercer aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica que tiene un lado de succión y un lado de presión, lados que están conectados en un borde de ataque y un borde de salida, en la que en el área del borde de salida de la pala están definidas una o más secciones de superficie aerodinámica de forma modificable, y en la que cada una de las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable comprende una cámara de presión que cuando se presuriza o despresuriza causa una modificación de la forma de la sección de superficie aerodinámica.
- Las realizaciones de la pala del tercer aspecto de la invención pueden incluir características de la pala del primer aspecto de la invención. Por lo tanto, cada una de las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable puede tener un revestimiento de presión y un revestimiento de succión, con el revestimiento de succión estando fijado a o siendo integral con el cuerpo de pala, y el revestimiento de presión siendo móvil de manera deslizante con respecto al cuerpo de pala, de manera que una fuerza aplicada a uno de los revestimientos hace que el revestimiento de presión deslice con respecto al cuerpo de pala, para modificar así la forma de la superficie aerodinámica del borde de salida. Tales realizaciones se describen con detalle anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención, y se apreciará que cualquier característica estructural y funcional descrita en este documento puede estar provista en realizaciones de la pala del tercer aspecto de la invención.
- La invención también proporciona una turbina eólica que comprende una pala según el tercer aspecto de la invención, y un accionador que comprende una fuente de vacío y/o presión para proporcionar presurización y/o despresurización de la cámara de presión.
- La invención además proporciona una turbina eólica que comprende una torre, un extremo de la cual está configurado para ser fijado al terreno, y en un extremo opuesto de la cual está montada una góndola, comprendiendo además la turbina eólica:

- un árbol motor sostenido por la góndola;

- un rotor que comprende una pluralidad de palas de turbina eólica según la presente invención, estando el rotor montado en dicho árbol motor;

5 en la que el árbol motor está conectado a o forma parte de una cadena de transmisión, que está conectada a un generador, que está sostenido por la góndola, y que está configurado para convertir la energía mecánica entregada desde el rotor hasta el árbol motor en energía eléctrica.

La turbina eólica puede constituir, por ejemplo, una turbina eólica de eje horizontal que comprende tres palas.

10

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación, la invención se describirá con más detalle con referencia a los dibujos, en los que:

15 la Fig. 1 desvela una vista frontal de una pala de turbina eólica cuando se ve desde el lado de presión (lado de barlovento),

la Fig. 2 desvela una sección transversal A-A' de la pala de turbina eólica de la Fig. 1,

20 la Fig. 3 desvela el movimiento de la superficie aerodinámica entre la posición relajada y la posición accionada, y

la Fig. 4 desvela una ampliación de la cámara de presión de la superficie aerodinámica;

las Figs. 5-7 desvelan realizaciones adicionales de una pala según la presente invención.

25

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS DIBUJOS

La Fig. 1 desvela una vista en alzado frontal de una pala de turbina eólica 100, que define una porción de raíz 102 y una porción de punta 104. La pala de turbina eólica 100 comprende una superficie aerodinámica 106, que está provista más  
30 cerca de la porción de punta 104 de la pala 100 que la porción de cubo de raíz 102. La distancia 108 entre la punta 110 y la superficie aerodinámica es preferentemente inferior al 10% de la longitud total de la pala 100. La porción de cubo de raíz comprende medios (no mostrado) para fijar la pala 100 al cubo de una turbina eólica. La pala define un borde de salida 112 y un borde de ataque 114. La superficie aerodinámica 106 es de forma modificable para permitir a la pala 100 modificar la forma de la superficie aerodinámica de su borde de salida 112. Al menos el 10%, como al menos el 25% del  
35 borde de salida 112, cuando se mide desde la porción de punta 104 hasta la porción de cubo de raíz 102 es de forma modificable debido a la superficie aerodinámica 106.

La Fig. 2 desvela una sección transversal A-A' de la pala 100 de la Fig. 1. La pala 100 define un borde de ataque 114 y un borde de salida 112. La pala 100 comprende una superficie aerodinámica 106 que está fijada a un cuerpo de pala 116  
40 de la pala 100, por ejemplo, por medio de un perno y una tuerca (no mostrados). La superficie aerodinámica es móvil entre un estado relajado y un estado accionado tal como se indica por la flecha 118, y la superficie aerodinámica constituye al menos el 5% de la pala en la dirección desde el borde de salida hasta el borde de ataque tal como se indica por la flecha 117.

La Fig. 3 desvela la superficie aerodinámica 106', 106 en el estado relajado 106 y en el estado accionado 106'. La superficie aerodinámica define un revestimiento inferior 120 y un revestimiento superior 122. En este documento, el revestimiento inferior 120 también se denomina como el revestimiento de presión, y el revestimiento superior 122 también se denomina como el revestimiento de succión. El revestimiento superior está fijado a una parte de base 126 de la superficie aerodinámica 106, mientras que el revestimiento inferior 120 está adaptado para deslizar en relación con la parte de base 126. Por consiguiente, la despresurización de una cámara de presión 128 hace que la superficie aerodinámica se mueva del estado relajado 106 al estado accionado 106' tal como se indica por la flecha 130. Al mismo tiempo, el revestimiento inferior 120 desliza en relación con la base tal como se indica por la flecha 132. En la realización de la Fig. 3 la superficie aerodinámica 106 comprende una pluralidad de barras de refuerzo 134, y se apreciará que dichas barras 134 deben ser suficientemente flexibles para permitir a la superficie aerodinámica se mueva del estado  
50 relajado 106 al estado accionado 106'. En una realización alternativa, la superficie aerodinámica no comprende las barras de refuerzo 134.

Para asegurar el cierre hermético de la cámara o cámaras de vacío y/o de presión 128, los extremos de las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable deberían ser cerrados. Además, debería estar provisto un cierre estanco a

la presión en la transición de las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable.

La Fig. 4 desvela una ampliación del área de sujeción de la superficie aerodinámica 106 al cuerpo de pala 116. La parte de base 126 de la superficie aerodinámica está fijada al cuerpo de pala 116 por medio de una tuerca y un perno 136.

- 5 Una cámara de presión 128 está definida entre la parte de base 126 y una pared 138. La despresurización de la cámara de presión 128 hace que la superficie aerodinámica se mueva hacia abajo en el dibujo. Alternativamente, o como complemento, la presurización de la cámara de presión hace que la superficie aerodinámica se mueva hacia arriba en el dibujo.
- 10 Las Figs. 5-7 muestran secciones transversales de realizaciones adicionales de una pala según la presente invención. La realización de la Fig. 5 comprende un cuerpo de pala 216, y revestimientos inferior y superior 220 y 222. La sección transversal del revestimiento inferior 220 tiene una extensión en forma de L 229 en la transición entre el revestimiento inferior 220 y el cuerpo de pala 216, pudiendo recibirse la extensión en forma de L en un perfil en forma de U 217 correspondiente del cuerpo de pala 216. La sección de borde de salida es móvil como resultado de una fuerza de accionamiento aplicada 221, que proviene, por ejemplo, de una fuente de fuerza provista en una cavidad 228, por ejemplo una cámara de presión, en la pala. Alternativamente, la fuerza de accionamiento puede resultar de fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el borde de salida. La fuerza de accionamiento aplicada tiene como resultado un desplazamiento del borde de salida del estado relajado 206 al estado accionado 206' tal como se indica por la flecha 223. Al mismo tiempo, el revestimiento inferior se mueve a lo largo de la flecha 225, reduciendo o extendiendo así el espacio 227, mientras que la extensión 229 desliza dentro del perfil 217. En la posición 231 del revestimiento superior 222, la rigidez a flexión del revestimiento superior está adaptada preferentemente para crear la forma deseada del borde de salida en el momento de aplicación de la fuerza de accionamiento.

- La pala de la Fig. 6, los revestimientos inferior y superior 320, 322 están interconectados por una placa articulada 342 que se extiende a través de la pala. La placa está articulada al revestimiento superior en la articulación 344 y al revestimiento inferior en la articulación 346. Una cámara de presión 328 está definida por una pared del cuerpo de pala 316, una membrana deformable 340 y la placa articulada 342. Como resultado de un cambio de presión en la cámara de presión 328, la membrana 340 actuará sobre la placa articulada 342, que a su vez actuará sobre el revestimiento superior y/o inferior para mover el borde de salida a lo largo del recorrido indicado por la flecha 323. Al mismo tiempo, cambia el tamaño del espacio 327.
- 25  
30

- La Fig. 7 muestra una ilustración en perspectiva de una pala 400 que comprende una sección de borde de salida de forma modificable 401. La pala comprende un larguero 444 que forma una cavidad 428, que se utiliza como depósito de presión/vacío. La presión o el vacío se proporciona mediante una bomba de presión o de vacío 446 dispuesta en la pala, por ejemplo, en una sección diferente del larguero, o en una góndola de una turbina eólica. El depósito 428 está en comunicación fluida con el borde de salida de forma modificable a través de tubos 448. La forma de la sección de borde de salida de la pala es modificable por la estructura de cualquiera de las Figs. 3-6. Una sección de material elastomérico 450 está provista en una transición entre la sección o flap de borde de salida 401 y una porción de punta 404 de la pala.
- 35

## REIVINDICACIONES

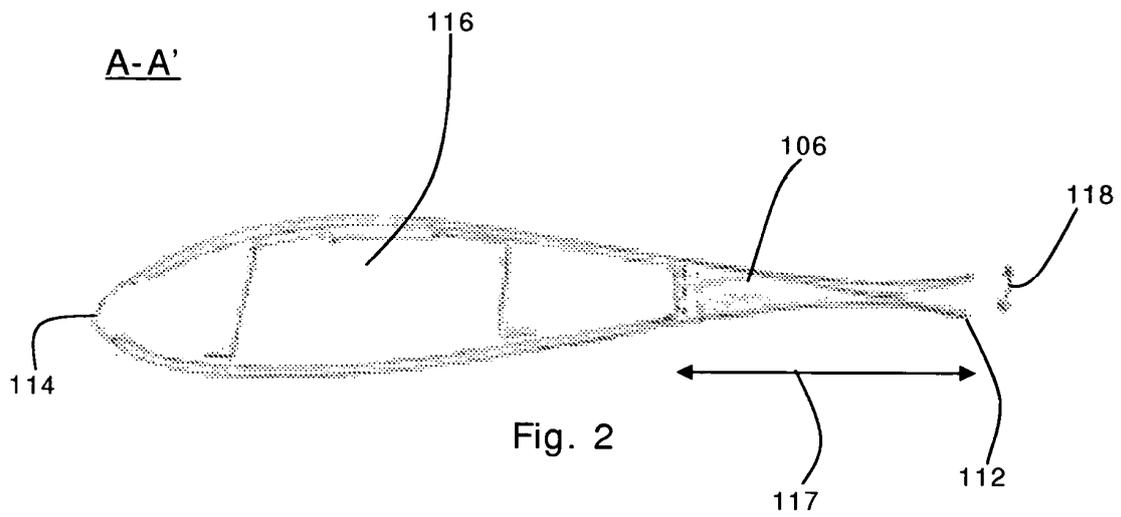
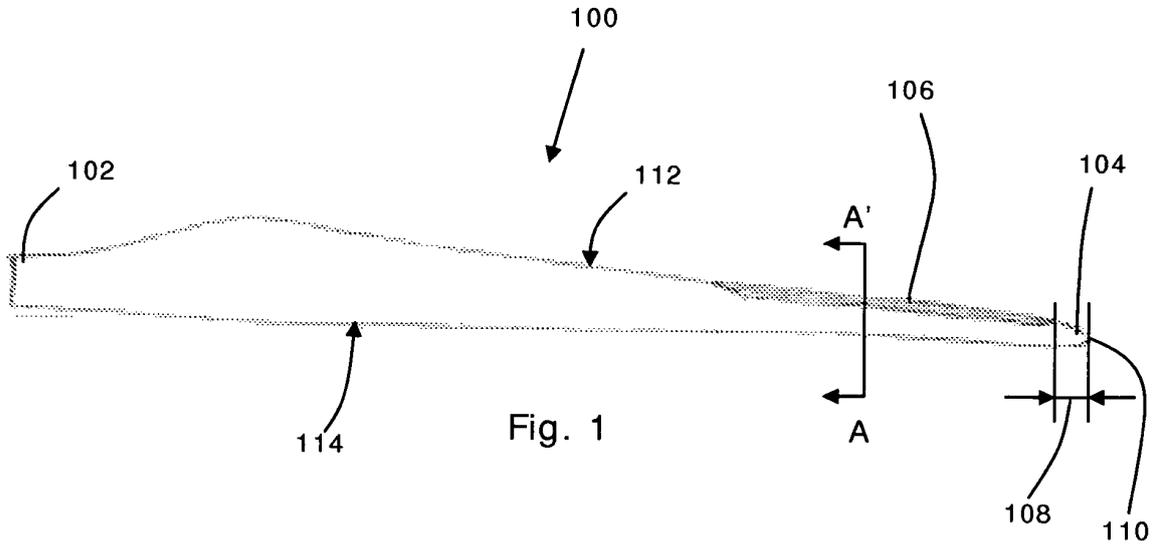
1. Una pala de turbina eólica (100) que tiene un lado de succión y un lado de presión, lados que están conectados en un borde de ataque (114) y un borde de salida (112), incluyendo la pala (100) un cuerpo de pala (116; 216; 316) y una o más secciones de superficie aerodinámica de forma modificable en el área del borde de salida (112) de la pala (100), teniendo cada una de la una o más secciones de superficie aerodinámica de forma modificable un revestimiento de presión (120) y un revestimiento de succión (122), caracterizada porque el revestimiento de succión (122) está fijado a o es integral con el cuerpo de pala (116; 216; 316), y porque el revestimiento de presión (120) es móvil de manera deslizante con respecto al cuerpo de pala (116; 216; 316), de manera que una fuerza aplicada a uno de dichos revestimientos (120; 122) hace que dicho revestimiento de presión (120) deslice con respecto al cuerpo de pala (116; 216; 316), para modificar así la forma de la superficie aerodinámica del borde de salida (112), en la que
- al menos el 10% de la longitud del borde de salida (112), cuando se mide desde una porción de punta (104) hasta una porción de cubo de la pala, es de forma modificable, y en la que
  - la porción de forma modificable del borde de salida (112) está más cerca de una porción de punta (104) de la pala que de una porción de cubo de la misma.
2. Una pala según la reivindicación 1, en la que dicho revestimiento de presión (120) es móvil de manera deslizante transversalmente a una dirección longitudinal de la pala (100).
3. Una pala según la reivindicación 1 ó 2, en la que la pala (100) comprende al menos una cámara de forma modificable (128; 228; 328; 428) definida por al menos una pared (138; 342), que forma parte de o está conectada a uno de dichos revestimientos (120; 122), de manera que el revestimiento de presión (120) se mueve cuando se aplica la fuerza a la pared de la cámara (138; 342).
4. Una pala según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en la que cada una de las secciones de superficie aerodinámica de forma modificable comprende una cámara de presión (128; 228; 328; 428) que, cuando se presuriza o despresuriza, proporciona dicha fuerza.
5. Una pala según la reivindicación 4, en la que la pala (100) comprende un depósito de vacío (428) y/o un depósito de aire comprimido.
6. Una pala según la reivindicación 4 ó 5, que además comprende un accionador para cambiar la presión en la cámara de presión (128; 228; 328; 428) de al menos una de las secciones de superficie aerodinámica.
7. Una pala según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que al menos el 5% de la pala (100) en la dirección desde el borde de salida (112) hacia el borde de ataque (114), cuando se mide en una dirección de la cuerda de la pala (100), es de forma modificable.
8. Una pala según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dichos revestimientos (120; 122) son suficientemente flexibles para curvarse para permitir que la forma de la superficie aerodinámica de la pala (100) cambie y suficientemente rígidos para resistir las cargas aerodinámicas.
9. Una pala según la reivindicación 8, en la que la flexibilidad de los revestimientos (120; 122) se gradúa en la dirección de la cuerda de la pala (100).
10. Una turbina eólica que comprende al menos una pala (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
11. Una turbina eólica según la reivindicación 10, que además comprende un accionador para proporcionar dicha fuerza.
12. Una turbina eólica según la reivindicación 11, en la que dicho accionador comprende una fuente de vacío y/o de presión.
13. Una turbina eólica según la reivindicación 11 ó 12, que comprende una pluralidad de palas (100) según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, y una fuente de vacío conectada a al menos dos de las palas.
14. Una turbina eólica que comprende una torre, un extremo de la cual está configurado para ser fijado al terreno, y en un extremo opuesto de la cual está montada una góndola, comprendiendo además la turbina eólica:

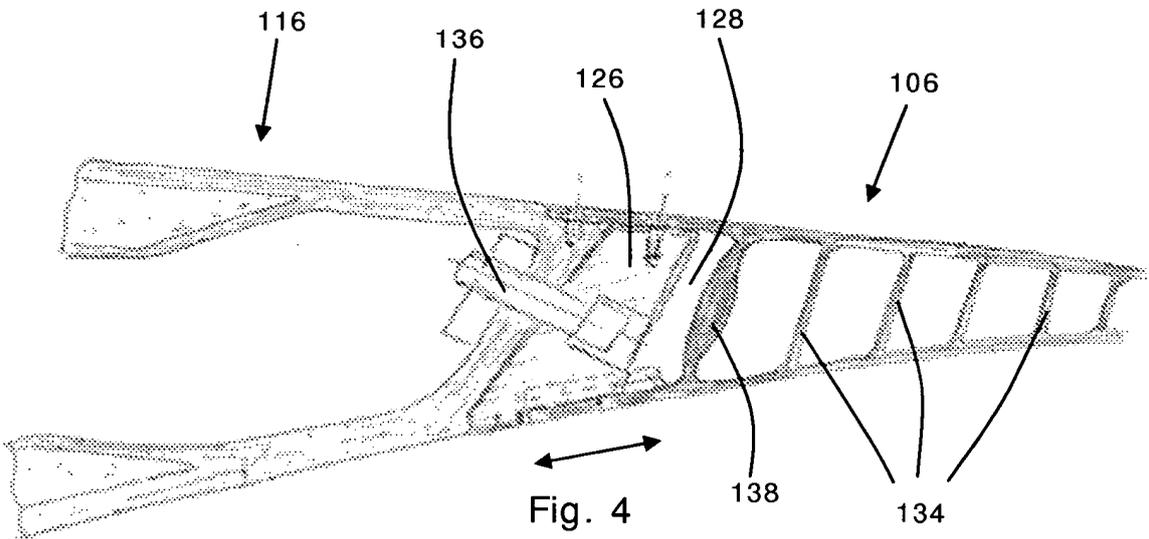
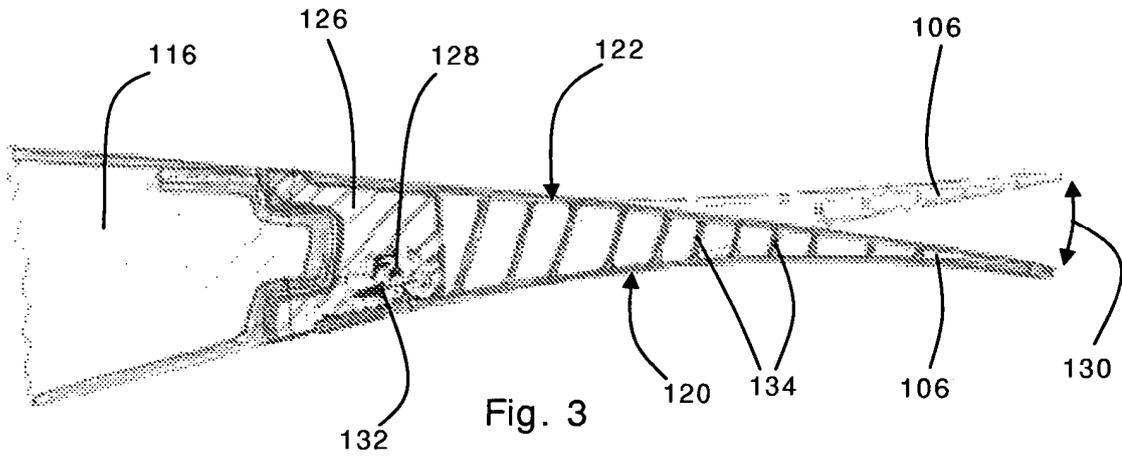
- un árbol motor sostenido por la góndola;

- un rotor que comprende una pluralidad de palas de turbina eólica (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, estando el rotor montado en dicho árbol motor;

5

en la que el árbol motor está conectado a o forma parte de una cadena de transmisión, que está conectada a un generador, que está sostenido por la góndola, y que está configurado para convertir la energía mecánica entregada desde el rotor hasta el árbol motor en energía eléctrica.





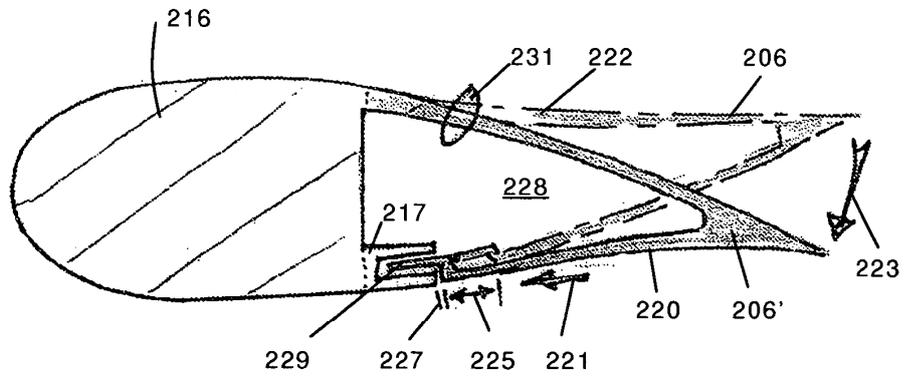


Fig. 5

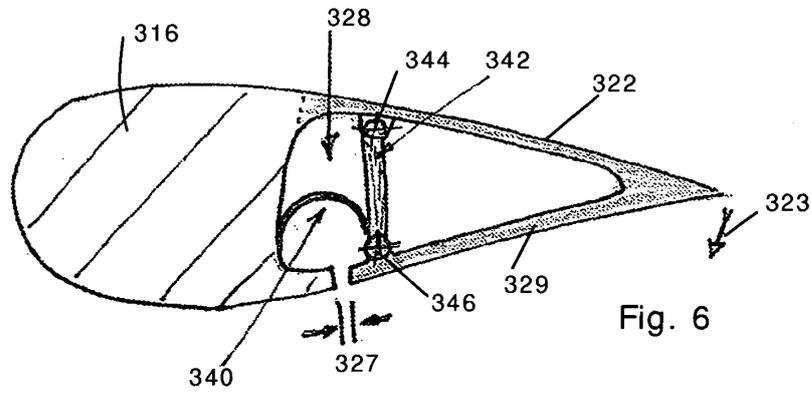


Fig. 6

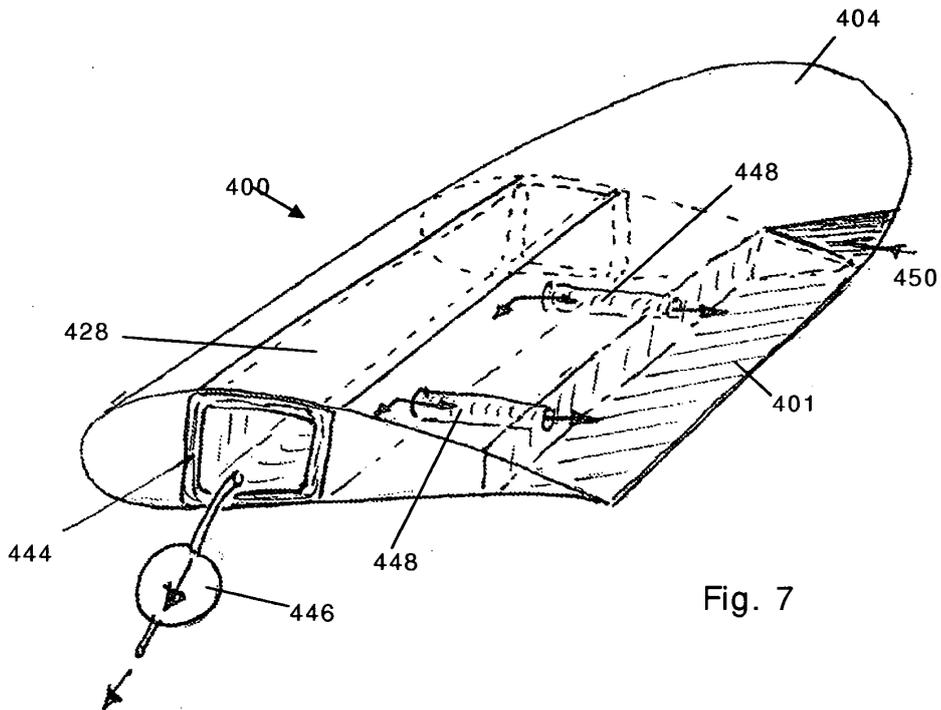


Fig. 7